

# **ENKLE MARINE NATURTYPER I NORDLAND**

## **Bruk av data fra sjøkart til karakterisering av habitater**

**Stig Skreslet, Morten Krogstad**

Mørkvedbukta forskningsstasjon  
Avdeling for fiskeri- og naturfag  
Høgskolen i Bodø, N-8049 Bodø

**og Ketil Olsen**

Argus Miljø A.S.  
Nordland marine utvikingssenter  
Mørkvedbukta, N-8020 Bodø

**HBO-rapport 15/2004**



**8049 BODØ**

**Tlf.: 75 51 72 00**

**Fax: 75 51 74 57**

## **REFERANSESIDE, HBO-RAPPORT**

Tittel: Enkle marine naturtyper i Nordland: Bruk av data fra sjøkart til karakterisering av habitater <i>Marine habitats in Nordland: Use of sea chart data to characterise habitats</i>	Offentlig tilgjengelig: Ja	HBO-rapport nr. <b>15/2004</b>
	ISBN <b>82-7314-437-2</b>	ISSN 0806-9263
	Antall sider og bilag: 35	Dato: 27.08.2004

Forfattere / prosjektmedarbeidere  Stig Skreslet, Morten Krogstad og Ketil Olsen	Prosjektansvarlig (sign).
	Leder forskningsutvalget (sign).
Prosjekt Pilotkommuner i Nordland	Oppdragsgiver Direktoratet for naturforvaltning
	Oppdragsgivers referanse Ingrid Bysveen Mjølnerød
Sammendrag Topografiske data kan benyttes til å karakterisere indre kystlokaliteter. Noen er oksygensvake, andre godt blandet og habitat for organismer med høy økologisk og økonomisk verdi. <i>Topographic data may be used to characterise inshore marine localities. Some are poor in oxygen, others well mixed and habitats for organisms of high ecological and economic value.</i>	Emneord: habitater, biodiversitet, havmiljødata, kartleggingsmetoder
	Keywords: habitats, biodiversity, oceanographic data, mapping methods

Andre rapporter innenfor samme forskningsprogram ved Høgskolen i Bodø: Mathey, E., S. Skreslet, I. Aanerød, M. Krogstad, B. T. Olsen and H. Sandersen 2004. A coastal zone database for Nordland County. HBO-rapport 16/2004.



## FORORD

Som en oppfølging av Stortingsmelding 42 (2000-2001) om biologisk mangfold, opprettet Direktoratet for naturforvaltning et ”Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold” for perioden 2003-2006 (for mer informasjon om dette programmet, se [www.dirnat.no](http://www.dirnat.no)). I 2003 ble det utført pilotundersøkelser for de marine naturtypene i utvalgte kommuner i Finnmark, Hordaland og Aust-Agder. I 2004 ble programmet utvidet med pilotundersøkelser i utvalgte kommuner i Nordland.

Høgskolen i Bodø er representert i programmets arbeidsgruppe for ”Kyst og Hav” og ble forespurt om å delta i kartlegging av marint biologisk mangfold i Nordland. Det var spesielt oppgaven med å kartlegge enkle marine naturtyper som var aktuell, fordi den krever kunnskap om fylkets marine naturmiljø. Programmet erkjenner at det foreligger lite dokumentasjon om det marine naturmiljøet i Norge og bidrar derfor til utvikling av enkle regnemodeller. Modellene tallfester størrelser som angir en lokalitets verdi vedrørende fysiske egenskaper eller verdi som habitat for organismer.

Vi har benyttet observasjoner og resultater fra tidligere undersøkelser utført i regi av Nordlandsforskning, til å utvikle modellbetraktninger som karakteriserer fjorder og poller. Der er topografi, tidevannsforhold og vannmassenes lagdeling utslagsgivende for om oksygenforholdene tillater naturlige forekomster av marine organismesamfunn.

Høgskolen i Bodø har avgitt arbeidstid for to av sine ansatte i prosjektet og leid inn ekstra kompetanse fra konsulentselskapet Argus Miljø A.S. som har kontor i Bodø. Selskapet har fra sine mange oppdrag i fylket gjort observasjoner som har kommet til nytte i samarbeidet.

Kari Nygaard, Norsk Institutt for Vannforskning leder det nasjonale prosjektet etter oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning. Gjennomføringen i Nordland foregår i regi av Fylkesmannen i Nordland med Oddlaug Ellen Knutsen som ansvarlig.

Rapporten inkluderer resultater fra noen tidligere rapporter der Terje Doksrød og Morten Frogh har deltatt i samarbeidet. Magne Haakstad har lest gjennom rapporten og bidratt med gode forslag. Vi takker alle tre for medvirkningen.

Vi takker for et interessant og kompetanseutviklende oppdrag og imøteser en videre utvikling innenfor arbeidsfeltet kystøkologi i Nordland.

Bodø, 27. august 2004

Stig Skreslet  
prosjektleder

## SAMMENDRAG

I forbindelse med kartlegging av verdifulle naturtyper i kommunene har Direktoratet for naturforvaltning valgt Nordland som prøvefylke for utvikling og utprøving av metoder for identifisering av enkle marine naturtyper. I foreliggende rapport settes det opp kriterier for kartlegging av tidevannstrømmer, fjorder med lite oksygen, dype fjorder, poller, haneskjellfelt og tidevannsflater. Informasjon fra Sjøkartverkets kartserie har blitt brukt til å etablere enkle, men forhåpentlig gode kriterier for karakterisering. Noen er regnet ut ved bruk av en enkel numerisk modell, mens andre bygger på metoder for bruk under feltarbeid. Rapporten presenterer kart over hvordan naturtyper fordeler seg i Nordland fylke.

Undersøkelsen er begrenset til marine bassenger med terskler grunnere enn 50m. Av 162 lokaliteter som er kartlagt, har 2/3 bassenger som kan utvikle lavt oksygeninnhold eller oksygenfri tilstander. De har sannsynligvis lav artsrikdom. De øvrige lokalitetene har tidevannstrømmer som kan medføre omrøring i terskelbassenger. De har trolig høyt oksygeninnhold ved bunnen og kan derfor ha gode fiskefjorder og være robuste for tilførsler av organisk materiale fra fiskeoppdrett og kommunalt avløp. Selve tidevannskanalen kan ha høy artsrikdom og store forekomster av enkelte arter, bl.a. muslinger. Slike lokaliteter finnes for det meste i den nordlige del av fylket, men det er også en konsentrasjon helt i sør. Over en tiendedel av bassengene har sterke tidevannstrømmer i åpningen og sannsynligvis høy artsdiversitet i terskelområdet. Noen har imidlertid såpass sterk struping at omrøringen i bassenget er suboptimal og oksygenbegrensende.

Noen fjorder og poller har sannsynligvis forekomster av haneskjell som foretrekker strømharde lokaliteter. I rapporten er det anvendt en metode for å velge ut mulige haneskjellfelt.





# INNHALDSFORTEGNELSE

Forord .....	v
Sammendrag .....	vii
Innholdsfortegnelse .....	ix
1. Innledning .....	1
2. Bakgrunnsinformasjon .....	3
2.1 Topografiske karakterer .....	3
2.2 Tidevannsdynamikk .....	3
2.3 Vannutskifting .....	5
2.4 Distinksjon mellom fjord og poll .....	7
2.5 Haneskjellhabitater .....	10
2.6 Bløtbunnshabitater i tidevannsonen .....	11
3. Metoder .....	12
3.1 Generelt .....	12
3.2 Tidevannstrømmer .....	13
3.3 Fjorder med lite oksygen .....	14
3.4 Dype fjorder .....	15
3.5 Poller .....	15
3.6 Haneskjellfelt .....	16
3.7 Tidevannsflater .....	16
4. Resultater .....	19
5. Diskusjon .....	27
6. Referanser .....	33



## **1. INNLEDNING**

Norske kommuner er pålagt å kartlegge verdifulle naturområder innenfor sine grenser. Dette gjelder også kommunenes sjøområder. I denne forbindelse har Direktoratet for naturforvaltning laget en håndbok (Anon. 2001) som skal følges. For å lette kommunenes arbeid, har direktoratet opprettet et nasjonalt prosjekt som skal utvikle redskaper for identifisering av naturtyper. Prosjektet ledes av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og er underlagt en nasjonal styringsgruppe. I 2004 gjennomfører prosjektet utprøving av en del kartleggingskriterier som skal forenkle kommunenes arbeid.

Høgskolen i Bodø er trukket med i det nasjonale samarbeidet, ut fra tidligere undersøkelser som har generert kunnskap om marine naturforhold i Nordland. En av oppgavene har vært å etablere kriterier for karakterisering, identifisering og avgrensing av fem enkle naturtyper:

- Tidevannstrømmer.
- Fjorder med lite oksygen.
- Dype fjorder.
- Poller.
- Haneskjellfelt.

Foreliggende rapport beskriver og begrunner metoder for etablering av kriterier for identifisering av de nevnte naturtypene. Vi har i tillegg valgt å

ta med en sjette metode som gjelder identifisering av tidevannsflater. Det er en svært verdifull naturtype med stor biologisk produktivitet og høy biodiversitet. Den er framtrædende i Nord-Norge som har store tidevannsforskjeller sammenlignet med resten av landet.

## **2. BAKGRUNNSINFORMASJON**

### **2.1 Topografiske karakterer**

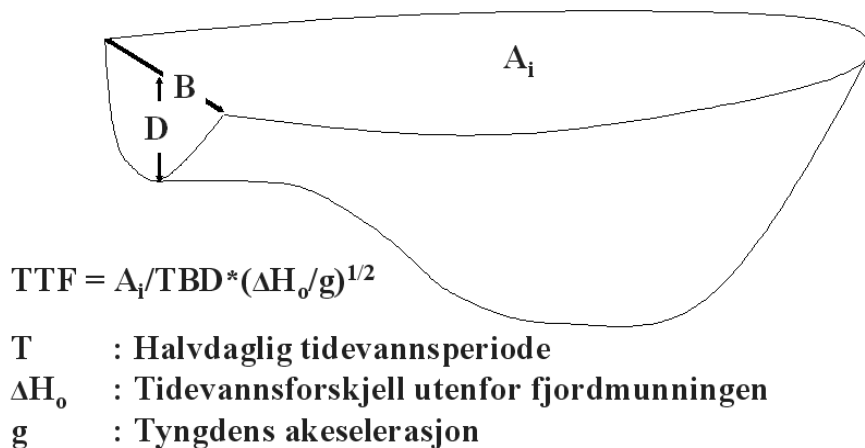
I forbindelse med LENKA (en landsomfattende egnethetsanalyse for akvakultur), ble det foretatt en kategorisering av fjorder (Anon. 1990). De med terskeldyp som oversteg 50m ble oppfattet som egnet for oppdrett av fisk (Ibrekk *et al.* 1993). Store fjorder (>1km lengde) med terskler <50m ble også oppfattet som egnet (kategori B3), mens mindre fjorder med terskler <50m falt innenfor en kategori C som ble oppfattet som uegnet. Kriteriene tok imidlertid ikke hensyn til forhold som er utslagsgivende for bassengenes oksygenkapasitet, bl.a. tidevann og munningens topografi. En kombinasjon av smal munning og grunn terskel gir en innsnevring av tverrsnittet på fjordåpningen. En utpreget strupning skaper markert tidevannstrøm der det er store forskjeller mellom høyvann og lavvann og arealet innenfor terskelen er relativt stort.

### **2.2 Tidevannsdynamikk**

Glenne & Simensen (1963) definerte en fjords strupningskoeffisient ( $K_s$ ) som forholdstallet mellom tidevannsforskjellene innenfor og utenfor åpningen. De fant fram til at økende strupning som er en følge av minkende bredde og dybde på åpningen, forårsaket en tidevannstråle som skaper omrøring på innsiden av åpningen. McClimans (1978) beregnet at effekten av strålen ville være sterkest når tidevannsforskjellen på innsiden av åpningen var 70,7% av tidevannsforskjellen på utsiden, det vil si  $K_s=0,707$ .

McClimans (1978) utviklet en enkel numerisk modell som egner seg til identifisering av tidevannstrømmer og oksygensvake terskelbassenger. Som inngangsdata bruker den: 1) tidevannsforskjellen utenfor terskelen, 2) terskelens bredde ved overflaten, 3) terskelens sadeldyp og 4) overflatearealet innenfor en linje på tvers av åpningen, trukket ved sadeldypet (Fig. 1). Den variabelen som modellen beregner, har fått benevnningen topografi-tidevannsfaktor (TTF).

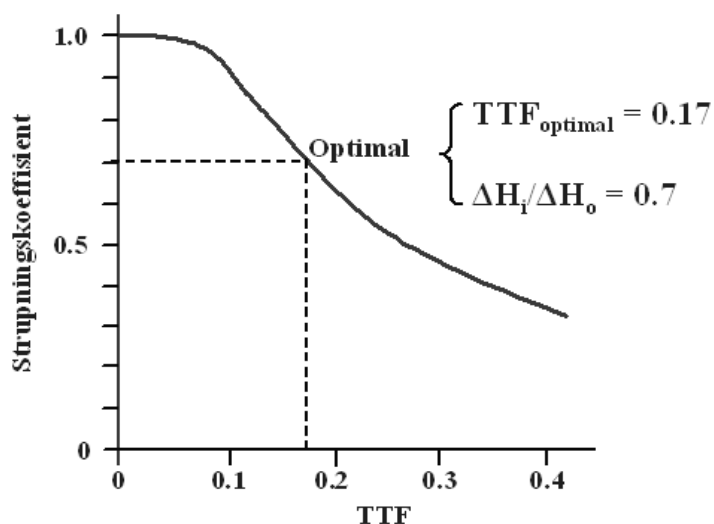
McClimans (1978) fant at forholdet mellom  $K_s$  og TTF var ikke-lineært (Fig. 2). Optimal strupningseffekt inntreffer ved  $TTF=0,17$ . Kurveforholdet klargjør at TTF er mest følsom ved verdier lavere enn 0,1, dvs når  $K_s \approx 1$ .



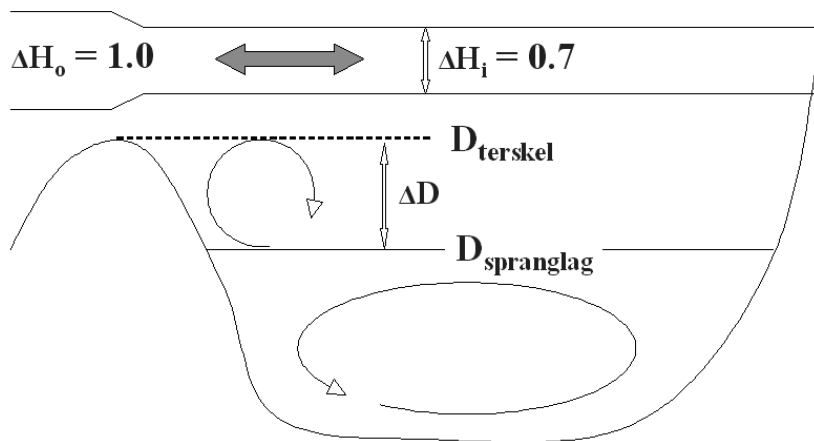
Figur 1. Prinsippskisse av terskelbasseng med måltall for innsetting i numerisk modell utviklet av McClimans (1978).

## 2.3 Vannutskifting

Skreslet & Doksrød (1988) beregnet TTF for 81 terskelbassenger i Nordland. Ut fra disse beregningene ble 10 terskelbasseng med  $TTF < 0,01$  valgt ut for feltarbeid som klarla noen effekter av svak strupning (Skreslet & Frogh 1990). To fjorder der terskelens sadel lå dypere enn ca 50m, hadde godt oksygenert bassengvann. Terskelbasseng med TTF høyere enn ca 0,02 hadde godt oksygenert bassengvann selv om de hadde terskler grunnere enn ca 30m. De hadde også god omrøring på innsiden av terskelen, der blandingslagets dybde strakte seg mer enn ca 20m nedenfor sadeldypet (Fig. 3).



Figur 2. Topografi-tidevannsfaktor (TTF) relatert til strupningskoeffisient ( $\Delta H_i / \Delta H_o$ ). Omtegnet etter McClimans (1978).



Figur 3. Terskelbasseng med strupning, dvs en trang åpning som reduserer tidevannsforskjellen innenfor åpningen ( $\Delta H_i$ ) i forhold til tidevannsforskjellen utenfor åpningen ( $\Delta H_o$ ).  $\Delta D$  er dybdeforskjellen mellom terskelens sadeldybde og blandingslagets dybde innenfor terskelen. Strupningen er optimal når  $\Delta H_i = 70\%$  av  $\Delta H_o$ .

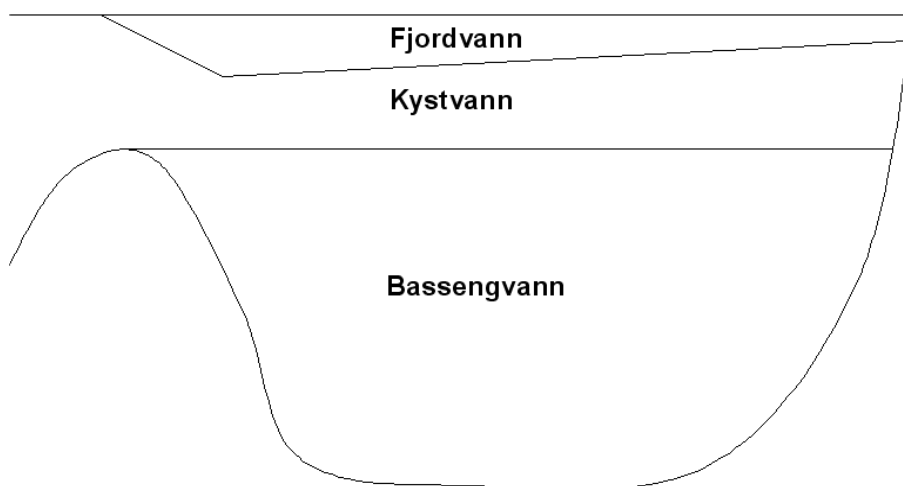
Både blandingslagets dybde og oksygeninnholdet ved bassengets største dyp avtok raskt med avtakende TTF under verdien 0,02. De aller fleste (85,1%) av de fjordene som er rapportert av Skreslet & Doksrød (1988), tilhører denne kategorien (Tabell 1). En del av dem har imidlertid terskler som er dypere enn 50m. De faller innenfor kategori B som i følge LENKA ikke antas å være oksygensvake, fordi en såpass dyp terskel ikke er til vesentlig hinder for utskifting av bassengvannet.

Bassengvann skiftes ut når omrøring har medført fortynning med ferskvann, slik at bassengvannet blir lettere enn utenforliggende dypvann som når opp til et nivå hvor det kan strømme innover terskelen (Skreslet & Loeng 1977). Det er denne fortynningsprosessen tidevannstrålen forsterker.



## 2.4 Distinksjon mellom fjord og poll

Normale fjorder med terskler både dypere og grunnere enn 50m, har en karakteristisk tredelt vannsøyle om sommeren (Fig. 4). Øverst ligger et blandingslag av lett fjordvann av målbart fortynnet brakkvann, grunnet lokal ferskvannstilførsel. Innenfor terskelen er bassenget fylt opp med en vannmasse som blir gradvis lettere etter hvert som omrøring nedover i vannsøylen skaper fortynning. Fra tid til annen byttes bassengvannet ut med nytt vann som skyller over terskelen, synker til bunns i bassenget og fortrenger det gamle bassengvannet. Utsiftingen skjer helst om høsten og vinteren (Skreslet & Loeng 1977). Mellom bassengvannet og fjordvannet ligger et lag som består av kystvann. Denne vannmassen sirkulerer fritt over terskelen, mellom fjord og øygard.



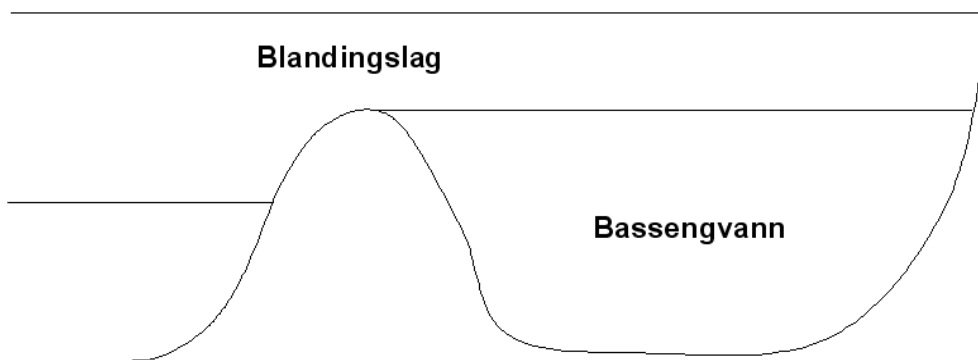
Figur 4. Typisk sommersituasjon i en fjord med brakt fjordvann øverst. Om vinteren når ferskvannsavrenningen har stoppet opp, opphører dannelsen av brakt fjordvann (Skreslet & Loeng 1977). Kystvann strømmer

da fritt inn i fjorden, også ved overflaten. Vannsøylen blir todelt i dype fjorder, med et ganske salt blandingslag av kystvann øverst. I nordnorske fjorder kan dette blandingslaget gå ned til 150-200m dyp, både utenfor og innenfor terskelen. Det vil si at blandingen når til bunns i bassenger som ikke er dypere, slik at vannkvaliteten blir nesten lik fra overflate til bunn, uten markerte skiller (Skreslet & Schei 1976). Dette gjelder imidlertid ikke fjorder som er sterkt påvirket av ferskvannstilførsel fra vannkraftverk. Der vil vannsøylen fortsatt være tredelt, med et blandingslag av brakt fjordvann øverst. Blandingslag med liten tykkelse blir gjerne kraftig nedkjølt i klarvær når det er sterk utstråling av varme og vil raskt kunne islegges.

Noen bassenger har så grunne terskler at blandingslaget ligger nedpå terskelen, slik at kystvann ikke kan strømme regelmessig inn på undersiden. Dette er det normale i poller der vannsøylen ofte ikke er tredelt, men todelt om sommeren (Fig. 5). I noen poller kan blandingslaget bestå av rent ferskvann under vårflommen, men det vil oftest være mer eller mindre brakt. I poller uten vesentlig ferskvannstilførsel består blandingslaget inne i pollen av samme vanntype som blandingslaget utenfor. Mange poller er såpass grunne at bassengvannet røres fullstendig om når det blir høst og vinter. Hele vannsøylen består da av samme vann som blandingslaget utenfor.

Noen marine bassenger som faller inn under vårt pollbegrep, er så dype og har så grunn terskel at bunnvannet aldri skiftes ut. Bunnvannet danner et tredje vannlag, men er funksjonelt å betrakte som bunn i bassenget, ettersom det har ligget i ro i lang tid, noen steder i mange tusen år. Et slikt bunnlag er oksygenfritt og råttent, dvs at det inneholder hydrogensulfid. Noen av disse pollene har et mellomlag av friskt, oksygenholdig sjøvann som trenger

sporadisk inn over terskelen på høyvann, helst i perioder med stormflo. Det best kjente eksemplet i Nord-Norge er Rossfjorden i Troms (Hognestad 1994). Dette var ved istidens slutt en typisk fjord som ved landheving har blitt til poll og må regnes som det, så lenge friskt sjøvann trenger inn over terskelen. Rossfjorden har et overflatelag av rent ferskvann både sommer og vinter og har permanente samfunn av ferskvannsorganismer. Videre landheving vil en gang i framtiden kunne medføre at inntrenging av sjøvann stopper fullstendig opp. Da vil bassengvannet bare ha to lag, et ferskvannslag med et råttent sjøvannslag under. En mye brukt betegnelse på slike vannforekomster er ”meromiktiske innsjøer”. Det 325m dype Øvervatnet i Sulitjelmavassdraget er et godt eksempel.



Figur 5. Utpreget poll i sommersituasjonen, uten vesentlig ferskvannstilførsel.

Poller med et tynt blandingslag virker som et drivhus, der sollyset trenger gjennom overflatelaget og varmer opp det underliggende bassengvannet. Bassengvannet kan bli svært varmt fordi blandingslaget hindrer

tilbakestråling av varme i form av infrarød stråling. Slike poller ble tidligere benyttet til oppdrett av østersyngel (Gaarder og Bjerkan 1934).

## 2.5 Haneskjellhabitater

Haneskjellet (*Chlamys islandica*) er en svært vanlig kamskjellart (familien Pectinidae) i Nord-Norge. Forekomster er funnet så langt sør som til Fauskangerpollen i Hordaland, men de fleste betydelige felt er lokalisert nord for Polarsirkelen. Der forekommer de i fjorder med en eller flere grunne terskler og med relativt lav temperatur i bassengvannet. Yttersiden av tersklene synes å være bunnslagingsområder for yngel, mens skjell av høstbar størrelse forefinnes på innsiden av tersklene. I noen fjorder i Troms strekker skjellfeltene seg langt innover i bassenget (Wiborg 1963).

Wiborg & Bøhle (1968) har undersøkt tidligere kjente haneskjellfelt, men i Nordland forefinnes flere andre felt som bare er kjent av dykkere. Uten unntak er slike felt knyttet til terskelbassenger med markante tidevannsstrømmer. Vi oppfatter forekomstene av haneskjell i Nordland som dårlig kartlagt og antar det som sannsynlig å finne haneskjellfelt i fjordbassenger med  $TTF > 0,02$ , helst der  $TTF \gg 0,02$  (kanskje nærmere 0,1).

Haneskjell som forekommer innenfor rekkevidde av dykkende ærfugl er fåtallige og finnes stort sett i bergsprekker og under steiner der de er utilgjengelig for ærfuglpredasjon. En kan derfor vente å finne størst tetthet omkring 30m dyp som er nedre grense for ærfuglens dykkekapasitet (Brun 1971). Nedre grense for haneskjellfeltet i Balsfjorden i Troms ligger på 50-60m dyp (Skreslet & Brun 1969) og kan være føderelatert, ettersom

skjellene lever av planteplankton som i hovedsak er knyttet til de øvre vannlag. I fjorder og poller der bassengdypet er grunnere enn 30m kan en vente at ærfugl vil hindre dannelse av høstbare forekomster.

## **2.6 Bløtbunnshabitater i tidevannsonen**

Kysten og fjordene i Nord-Norge er kjennetegnet ved store tidevannsflater med en rik produksjon av bunndyr. Den nord-norske såkalte "makkfjæra" er kjennetegnet ikke bare av tette forekomster av fjæremark, men også av gode forekomster av andre evertebrater som rørbyggende flerbørstemark, marfloarter (amfipoder), sandreke, strandkrabbe, sandskjell, hjerteskjell og blåskjell. Denne faunaen er føde for småfisk som kutlinger, sil og flyndreyngel (rødspette, skrubbe og sandflyndre) som kan danne betydelige, faste forekomster. Store stimer av torskeyngel og seimort kan også vandre inn på høyvann for å nyttiggjøre seg både aggregert dyreplankton og lokalt produserte dyr som lever på eller like over bunnen.

Større fisk som eldre torsk og sjøørret benytter disse tidevannsflatene som fødehabitat på flo sjø, særlig om ettersommeren og høsten når høyvann faller sammen med nattemørke (Skreslet 1982). Sjøfugl som fiskemåse, hettemåse, ærfugl og tjeld er karakteristiske predatorer i makkfjæra og kan forekomme i store antall gjennom det meste av den lyse årstiden. Også andre arter som rødstilk, hegre, havørn og oter er typiske predatorer i denne typen habitat, men forekommer i mindre antall.

Den økologiske betydningen av tidevannsflater som biologisk produksjonssystem synes å være sterkt underkjent i norsk naturforvaltning,

sannsynligvis fordi de stort sett er oversett av den marine forskningen. Det er svært beklagelig, spesielt fordi slike grunne områder er attraktiv grunn for legging av fyllmasse og utvikling av byggeområder. Manglende oppmerksomhet kan åpenbart medføre sterk reduksjon av biodiversitet i den norske kystsonen. Dette er ikke et rent naturvernspørsmål, men berører også i betydelig grad økonomiske interesser vedrørende lokalt yrkesfiske, for eksempel etter torsk og rødspette. Det økende fritidsfisket etter sjøørret i norske fjorder har allerede betydning for turistnæringen og er et inntektsgrunnlag for investorer som satser på bygging av rorbuanlegg og båtutleie. Mange ressurser som hjerteskjell og sandskjell er potensielle inntektskilder som er under utredning av fiskeriforvaltningen. Ureflektert kommunal forvaltning av tidevannsflater kan undergrave både økonomiske foretak og velferd for fastboende som utøver fritidsfiske.

Tidevannsflatene kan deles i to kategorier. Den ene er de karakteristiske elvedeltaene som faller tørt og synliggjør en dypål som er åre for elveavløp på lavvann. Den andre er grunnområder uten ferskvannstilførsel. De forekommer enten i grunne sund eller der morenerygger løper ut fra land.

### **3. METODER**

#### **3.1 Generelt**

Til karakterisering av de utvalgte naturtypene har vi valgt metoder som utelukkende baserer seg på norske sjøkart av vanlig standard. Både

papirutgaver og elektroniske versjoner er brukt. Valgt informasjon er dybdeangivelser og flatedimensjoner.

Faste dybder angitt med tall har vært benyttet til å fastsette bassengdyp og tersklenes sadeldyp. De refererer seg til laveste astronomiske tidevann. En del informasjon om bassengdybder er hentet fra databasen til OLEX.

Kartenes slaggrunnslinje angir faren for grunnbrott og posisjonene beror på eksponering for bølger. Slaggrunnslinjen ligger derfor dypt ut mot åpent hav der dønninger kan gi grunnbrott selv uten vind. I sjøområder som skjermes av landskap, beror slaggrunnslinjens dybde på strøklengder for vindgenererte bølger.

For 81 lokaliteter er TTF-verdier hentet ut av en tidligere rapport (Skreslet og Doksrød 1988). Sjøareal ble da målt på papirkart ved bruk av et ordinært (mekanisk) planimeter. I de øvrige fjordene og pollene som er lagt til (Tabell 1), er arealet hentet ut fra elektroniske kart ved bruk av et geografisk informasjonssystem (ESRI ArcView GIS). Tegning av polygoner (kartobjekt) i elektronisk format er utført ved bruk av GIS.

### **3.2 Tidevannstrømmer.**

Tidevannstrømmer oppstår i sund der tidevannsbølgen skaper høydeforskjell mellom sundets to ender. De oppstår på to forskjellige måter:

1. I åpninger til sjøområder som er omkranset av land på minst tre kanter (fjorder og poller).

2. I sund mellom to åpne sjøområder som mottar tidevannsbølgen til forskjellig tid (sund mellom øyer og i arkipeler).

DN-manualen (Anon. 2001) definerer sund med gjennomstrømningshastigheter  $>5\text{knop}$  ( $2,57\text{m}\cdot\text{sek}^{-1}$ ) som sterke tidevannstrømmer. Det er ikke klargjort om dette skal være middelstrøm eller beregnet maksimalstrøm, eventuelt ekstrem strøm ved springflo. Vi har derfor valgt å benytte en topografi-tidevannsfaktor (TTF) som er uavhengig av månefaser og værforhold (McClimans 1978). Den bygger på idealisert middelstrøm i åpningen til et terskelbasseng. I følge Skreslet og Frogh (1989) begynner tidevannstrålen å bli en vesentlig omrøringsfaktor når  $\text{TTF}=0,02$ , men det er ikke sannsynlig at tidevannstrømmer i fjorder som ligger like over denne verdien, kan overstige  $2,5\text{m}\cdot\text{sek}^{-1}$  under annet enn stormflo når lavtrykk og pålandsvind forsterker strålens kraft. Ut fra erfaringer i Salten har vi valgt å definere sterke tidevannstrømmer som terskelområder der  $\text{TTF}>0,1$ .

### **3.3 Fjorder med lite oksygen.**

Vi har holdt utenfor fjorder med terskler dypere enn 50m, d.v.s. utpregete B-fjorder i henhold til LENKA-klassifiseringen (Anon. 1990). Vi har også holdt utenfor fjorder med  $\text{TTF}>0,02$  der tidevannsomrøring medfører oksygenering, i henhold til Skreslet og Frogh (1990). Vi oppfatter bassenger med terskel grunnere enn 50m og som på grunn av stor terskelbredde har  $\text{TTF}<0,02$ , for å være utsatt for å bli oksygenfattige eller fullstendig oksygenfrie (anoksiske).



### **3.4 Dype fjorder**

DN-håndboken (Anon. 2001) graderer to typer av dype fjorder: 1) Dypere enn 500m og 2) dypere enn 700m. Begge typer er kartlagt innenfor areal definert av prosjektets styringsgruppe og er ikke et resultat av faglige overlegninger fra vår side. Den gitte definisjonen har i noen tilfeller medført at fjordbasseng som fortsetter som en renne utover i øygarden et stykke, ikke tas med. Dette kan være uhensiktsmessig i forhold til verdisetting og forvaltning av næringsressurser (reker, skolest, kveite og andre fiskeriressurser), biologisk bærekraft (akkumulasjons- og overvintrings-områder for dyreplankton) og sjeldne organismeforekomster (koraller o.a.).

Informasjon om dybder i dype fjordareal er dels tatt ut av elektroniske sjøkart og dels fra OLEX-registreringer.

### **3.5 Poller**

DN-håndboken (Anon. 2001) har ingen entydig definering av hva som skiller poller fra fjorder. Vi har derfor valgt å bruke et sett av kriterier:

- Vannsøylen er todelt, med et blandingslag og et underliggende bassengvann som er permanent eller periodisk oksygenholdig.
- Blandingslagets dybde er lik eller større enn terskel-dypet gjennom hele året.
- Slaggrunnslinjen krysser ikke terskelområdet men går ubrutt forbi på utsiden av åpningen.
- Terskelens bredde er mindre enn distansen fra sadeldypet til bassengets indre ende.

### 3.6 Haneskjellfelt

Vi har definert dybdesonen 20-50m i terskelbasseng med beregnet  $TTF > 0.02$  som potensielle haneskjellfelt. Antagelsen underbygges av ubekreftede dykkerobservasjoner. Haneskjellforekomster i fjorder med basseng grunnere enn 30 m antas å være nedbeitet av ærfugl, slik at de ikke danner potensialer for høsting.

### 3.7 Tidevannsflater

Det er hovedsakelig avstanden fra høyvannsnivå til lavvannsnivå som definerer tidevannsflatens økologiske verdi. I norske sjøkart er tidevannsflatene skravert innenfor den såkalte tørrfallslinjen som markerer laveste lavvann ved vårjevndøgn. Vi oppfatter en avstand på  $>100\text{m}$  mellom tørrfallslinje og flomål (sjøkartets strandlinje) som kriterium for særlig verdifulle tidevannsflater. Det beste måltallet vil være forholdet mellom habitatets areal og strandlinjens lengde der verdifulle tidevannsflater kommer ut med en verdi  $>0,1\text{km}^2\text{km}^{-1}$ . Måltallet krever at det blir foretatt planimetrering av arealet mellom tidevannsflatens yttergrenser der avstanden mellom tørrfallslinje og flomål er  $100\text{m}$ . Det kan imidlertid være hensiktsmessig å benytte en enklere og mindre presis metode som en rask, første tilnærming for kommunenes registrering av verdifulle tidevannsflater. En kan da identifisere strandlinjer som over en strekning på  $>100\text{m}$  har en avstand mellom tørrfallslinje og flomål som er  $>100\text{m}$ .

Vi foreslår gradert økologisk verdisetting av tidevannsflatene. I følge 100m-kriteriet for både strandlinjelengde (S) og tørrfallslengde (T) vil minste-arealet for en verdifull tidevannsflate være produktet  $T \cdot S = 0,01\text{km}^2$ , d.v.s.

10 mål. Vi oppfatter et produkt større enn 1000 mål ( $1\text{km}^2$ ) som skille mellom viktige og særlig verdifulle tidevannsflater.



## 4. RESULTATER

Av 162 fjorder og poller i Nordland hadde nesten 40%  $TTF < 0,005$ . 55 (33,9%) hadde  $TTF > 0,02$ , hvorav 19 (11,7%) hadde  $TTF > 0,1$  (Tabell 1).

Tidevannstrømmer i fjorder og poller med  $TTF > 0,02$  forekommer i hele Nordland (Fig. 6). De fleste ligger i nordfylket, med det er også en konsentrasjon lengst sør. Det gjelder også sterke tidevannstrømmer med  $TTF > 0,1$  (Fig. 7) og antatt regelmessig maksimalstrøm sterkere enn  $\approx 5 \text{ knop}$  ( $v > 2,5 \text{ m} \cdot \text{sek}^{-1}$ ).

Fjorder der det i perioder kan forekomme lite oksygen i bassengvannet, er ganske tallrike i Nordland. Det er for det meste små fjorder fordelt over hele fylket (Fig. 8).

De fleste pollene i Nordland befinner seg i nordfylket, men det finnes også noen i fylkets sørligste del (Fig. 9).

Antatte haneskjellfelt i Nordland finnes for det meste i nordfylket (Fig. 10). Forekomstene sammenfaller med tidevannstrømmer med  $TTF > 0,02$ , men lokaliteter der bassengets dybde er  $< 30 \text{ m}$ , er ikke medregnet.

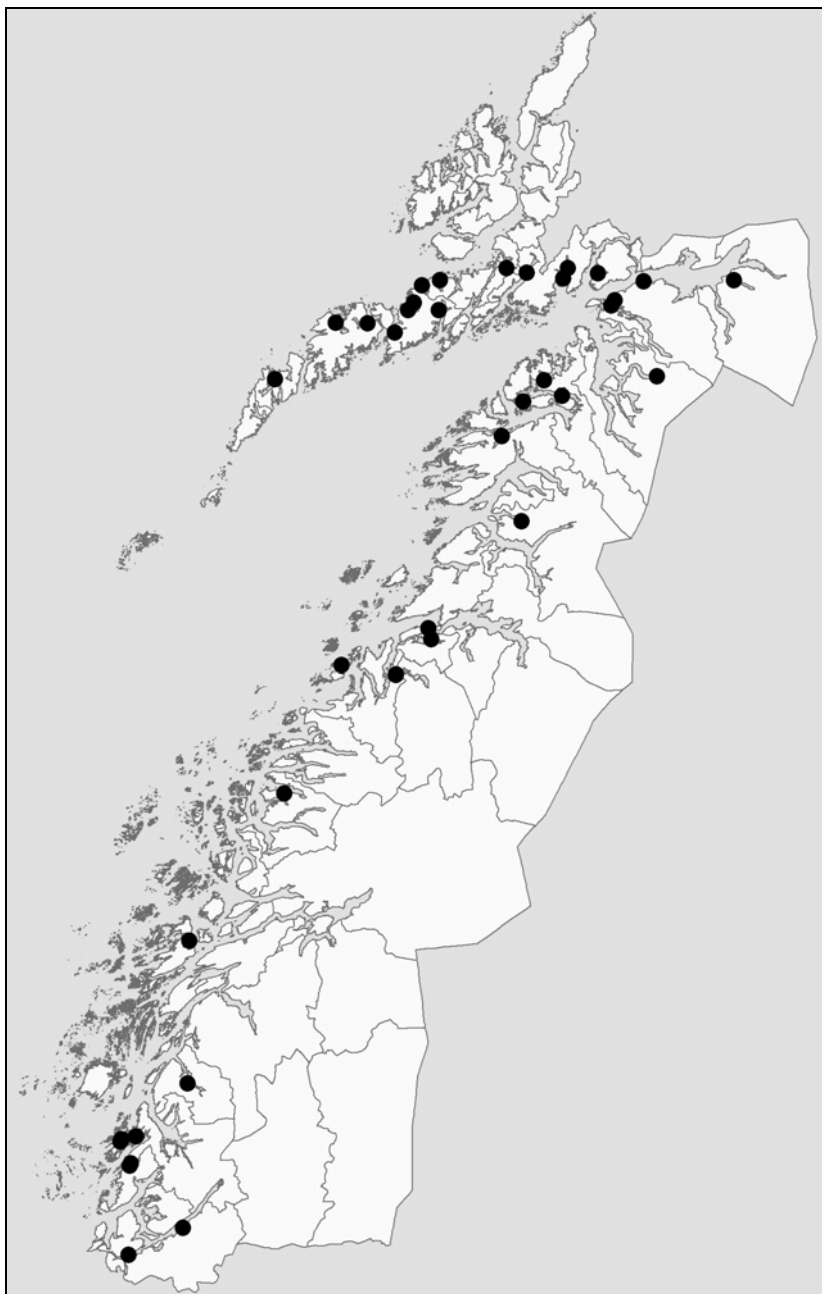
Forekomsten av "makrfjærer" i Nordland er ikke kartlagt av oss, fordi oppgaven ikke er med i oppdraget. En enkel metode for kartlegging er imidlertid demonstrert i to eksempler. Eksemplet for elvedelta (Fig. 11) har en strandlinje som overstiger 100m og en avstand til elvemunningen som er

mye lenger. Produktet mellom T og S er ca 0,16 km<sup>2</sup> (160 mål) men arealet vil være større grunnet de topografiske utvidelsene i estuariets midtre deler. Lokaliteten er likevel <1km<sup>2</sup>.

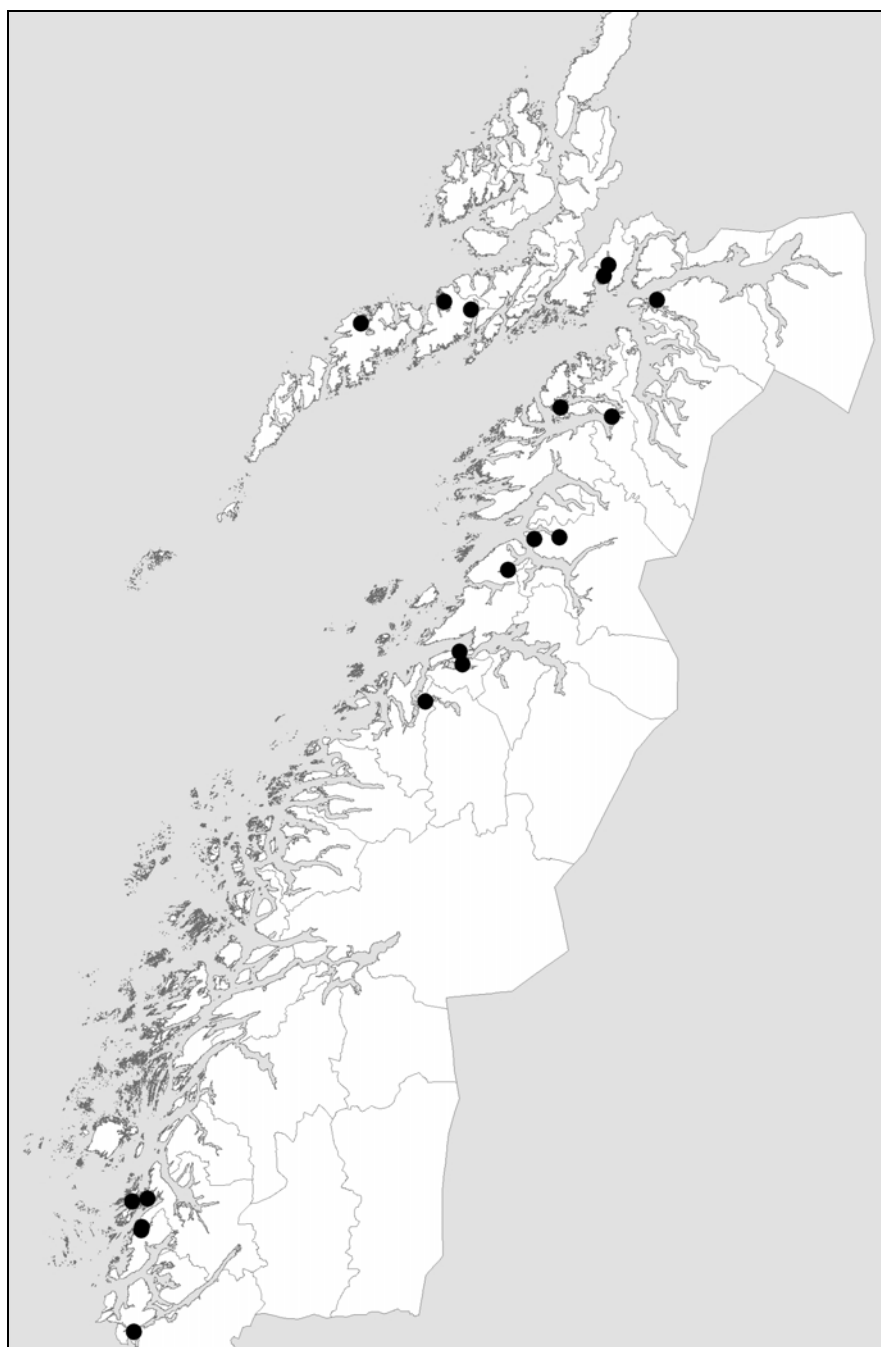
Eksemplet for tidevannsflate uten ferskvanns-påvirkning har en lang strandlinje mellom punktene der tørrfallsavstanden =100m (Fig. 12). Produktet mellom T og S er ca 0.27km<sup>2</sup>, men tidevanns-flatens areal mellom ytterpunktene er >1km<sup>2</sup>.

*Tabell 1.* Terskelbasseng (fjorder og poller) i Nordland gruppert i henhold til beregnet TTF.

<b>TTF</b>	<b>Antall</b>	<b>%</b>
0,001-0,004	61	37,6
0,005-0,009	23	14,1
0,010-0,019	23	14,1
0,020-0,049	20	12,3
0,050-0,099	16	9,8
0,100-0,299	12	7,4
≥0,300	7	4,3
<b>Totalt</b>	<b>162</b>	<b>100,0</b>

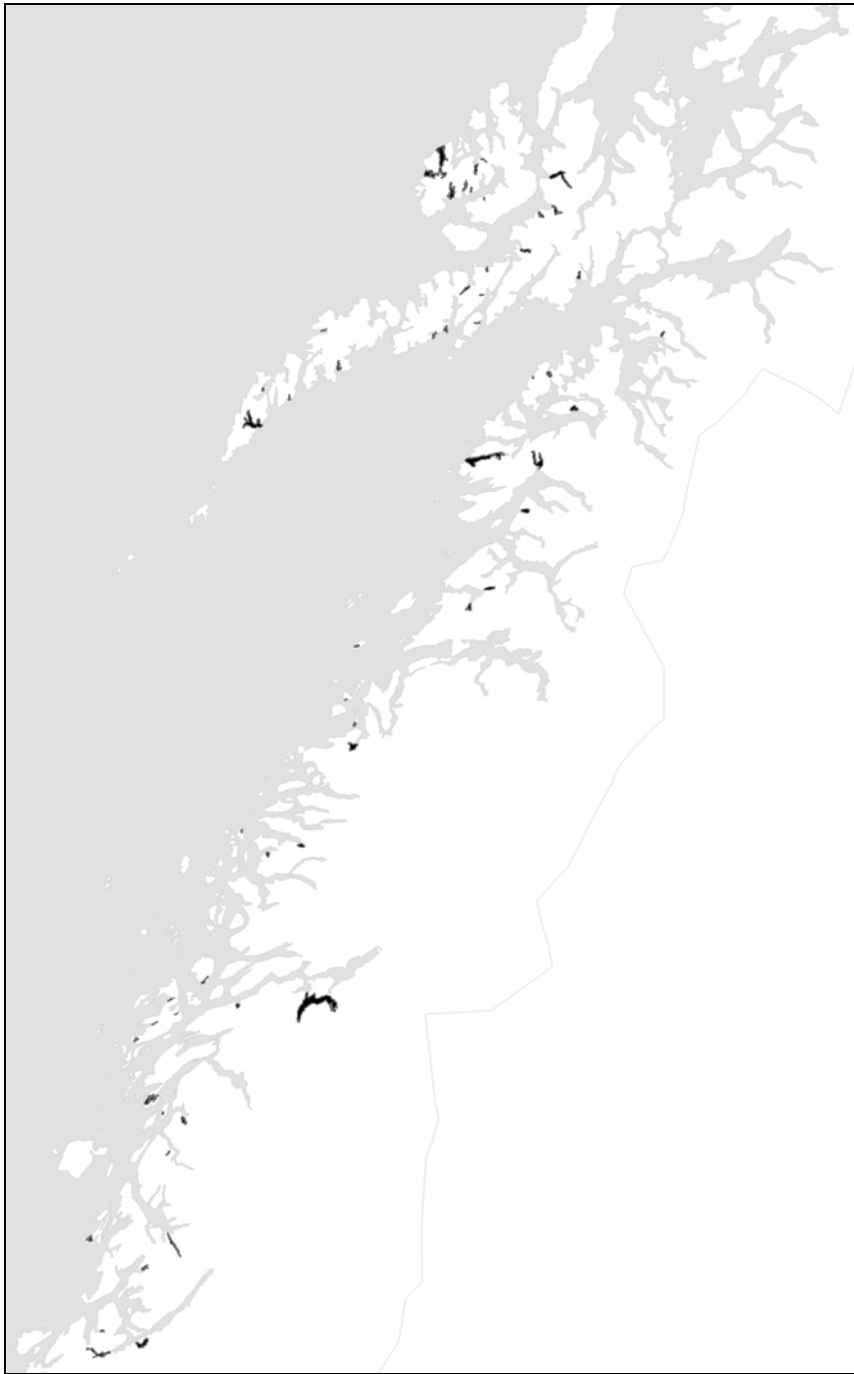


Figur 6. Alle tidevannstrømmer i Nordland (TTF>0,02).

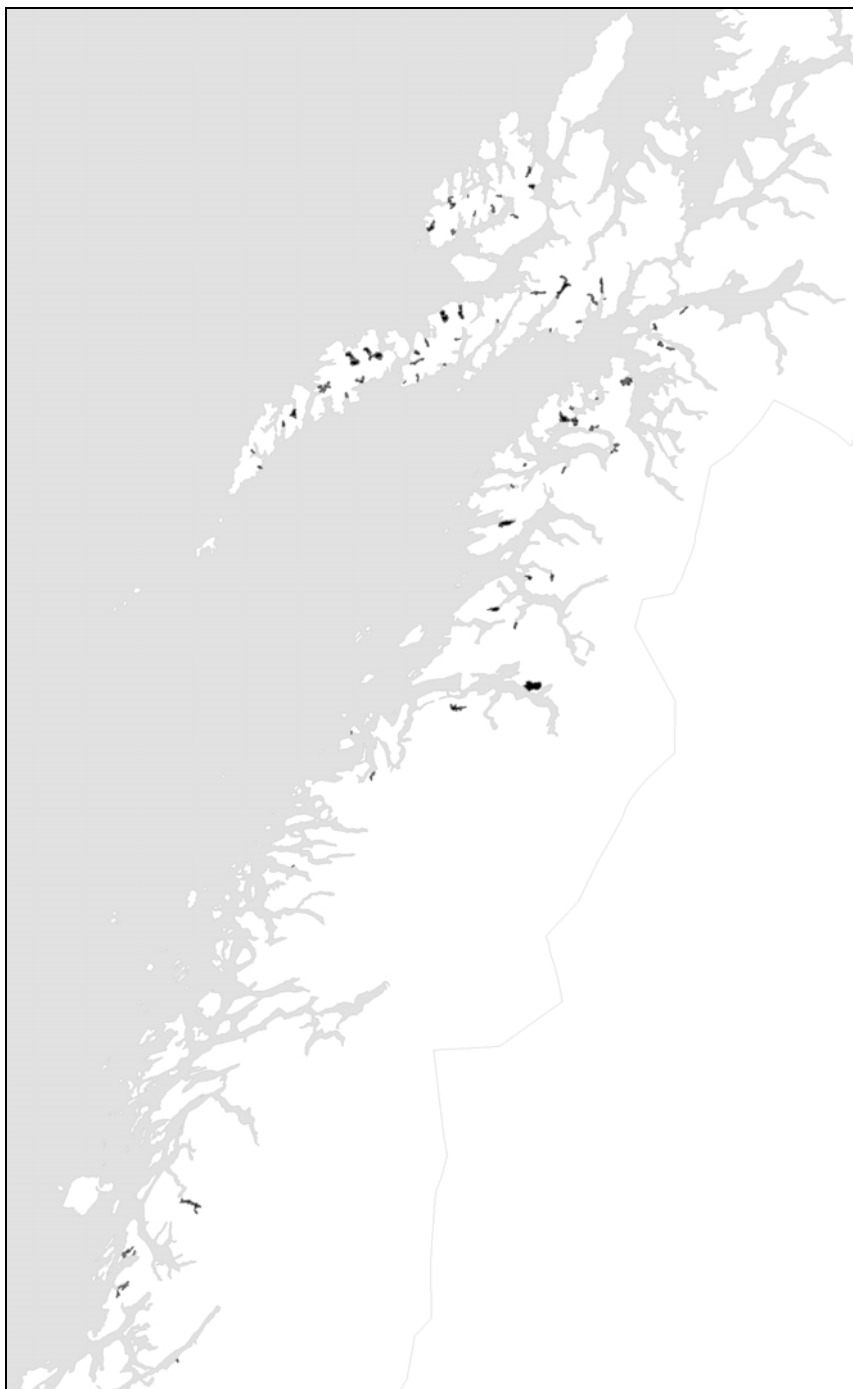


Figur 7. Sterke tidevannstrømmer i Nordland (TTF>0,1, antatt  $v_{\max}>2,5\text{m sek}^{-1}$ ).

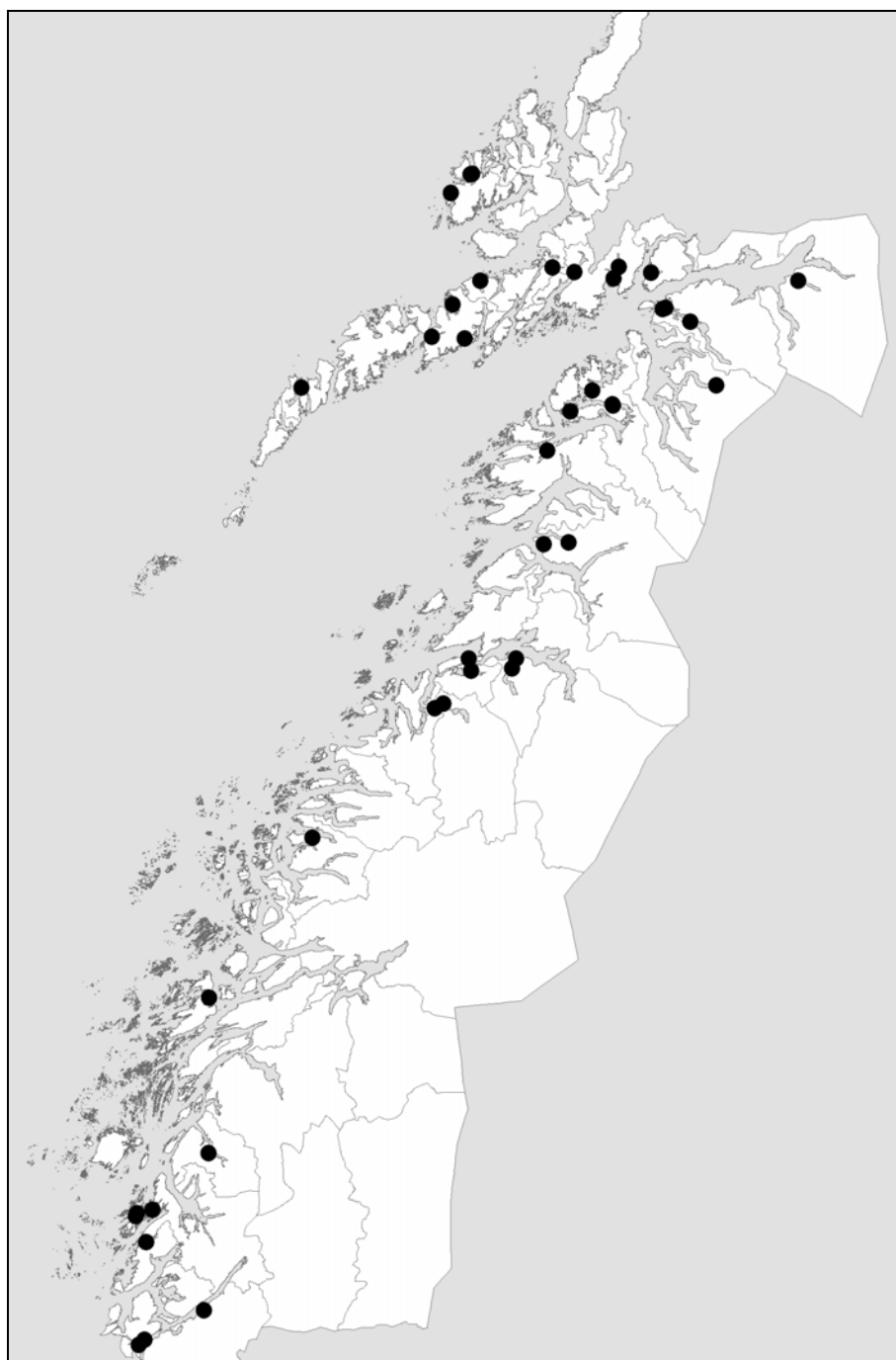




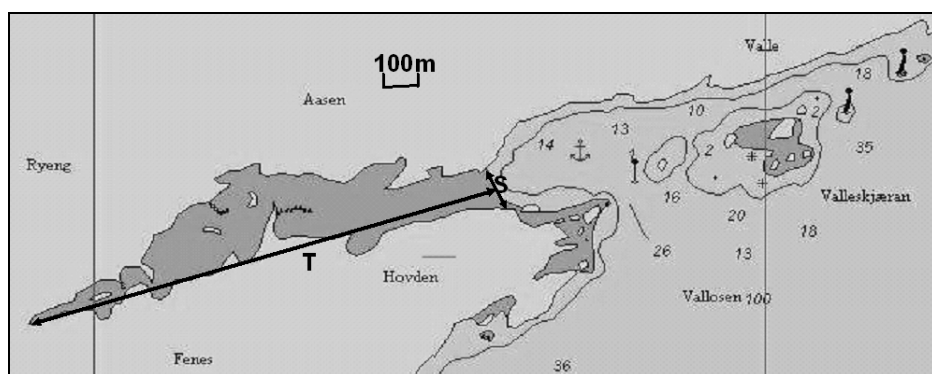
Figur 8. Oksygensvake fjorder i Nordland (TTF<0.02).



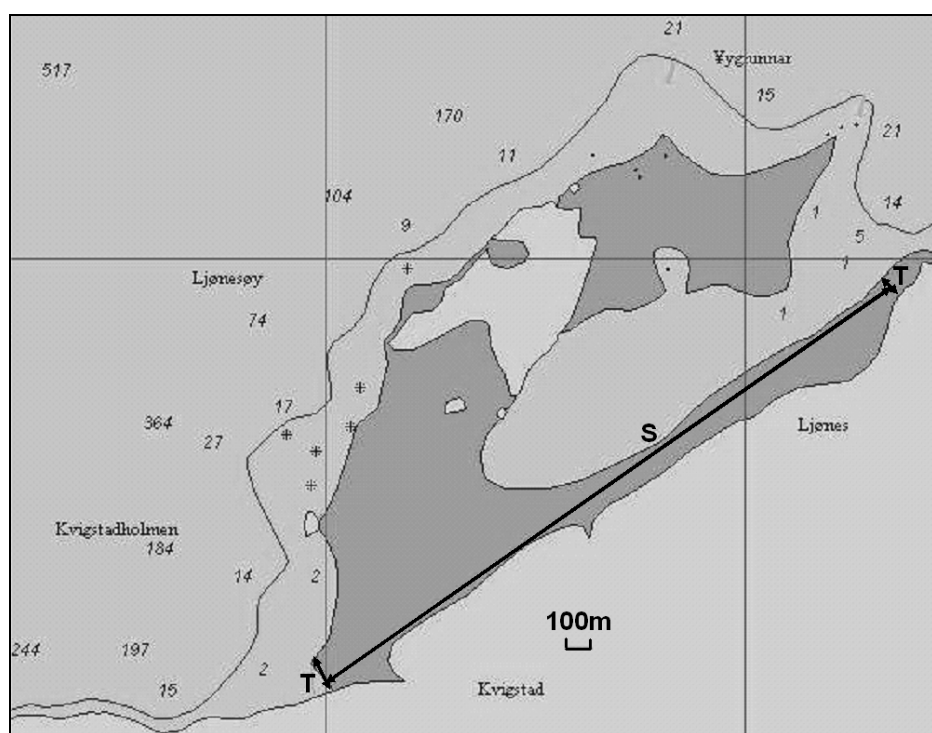
Figur 9. Poller i Nordland.



Figur 10. Antatte haneskjellfelt i Nordland.



Figur 11. Tidevannsflate i estuarium, Bodø kommune. S: Strandlinje >100m. T: Tørrfallsavstand >100m.



Figur 12. Tidevannsflate i fjordmiljø uten direkte ferskvannspåvirkning, Skjerstad kommune. S: Strandlinje >100m. T: Tørrfallsavstand  $\geq 100$ m.

## 5. DISKUSJON

De anvendte metodene er en teoretisk tilnærming av problemet med å kartlegge habitater for organismer som har økologisk og økonomisk verdi. Presisjonen er relativt lav og kan medføre at noen lokaliteters faktiske karakterer ikke er i samsvar med våre teoretiske anslag. Usikkerhet om dette kan avklares bare ved observasjoner.

Noe av usikkerheten knytter seg til unøyaktige dybdeangivelser i kartgrunnlaget. Bruk av oppdaterte dybdemål for bunntopografien i terskelområder kan gi mer presise anslag av TTF-verdiene. Det er imidlertid en del topografiske forhold som modellen ikke tar hensyn til, for eksempel lengden på sundet. Et langt sund med ujevn bunn, skjær og øyer vil skape virvler som tar opp energi, slik at omrøringen innenfor sundet kan bli mindre. Likevel oppfatter vi de oppførte lokalitetene for tidevannstrømmer i Nordland som ganske sikre. Det er lite sannsynlig at lokaliteter med lavere TTF-verdi vil kunne rykke opp i kategorien tidevannsund. Kategorien sterke tidevannstrømmer er usikre, ettersom det ikke foreligger strømmålinger og heller ikke kriterier for hvordan målinger skal foretas for å fastslå om hastighetene i en tidevannstrøm er sterkere eller svakere enn 5 knop ( $v_{\max} > 2,5 \text{ m} \cdot \text{sek}^{-1}$ ).

Kartleggingen har ikke tatt med tidevannstrømmer mellom øyer, fordi vi ikke kjenner enkle metoder for teoretisk beregning av slike. Dette gjelder strømmer som Moskenesstraumen, Gimsøystraumen og lignende strømsund i Nordland. Bare målinger kan fastslå hvilke som tilfredsstiller kriteriet.

Terskelområdet i fjorder og poller med  $TTF > 0,02$  kan ha tette muslingforekomster som dominerer organisesamfunnet og danner substrat for mange andre organismer. Dette gjelder både blåskjell (*Mytilus edulis*) og oskjell (*Modiola modiolus*) som er karakterdyr for rike bunndyrsamfunn (Wiborg 1946). Blåskjell forekommer gjerne i tidevannssonen der bunnen faller tørt på lavvann, eller der det er tilførsler av ferskvann. Oskjellet kan også forekomme i tidevannssonen, men danner helst tette forekomster på dypere vann. Det er fødetilgangen som regulerer muslingforekomstenes tetthet og individenes vekst. Både på utsiden og innsiden av tidevannssund med  $TTF > 0,02$  vil vertikalomrøring medføre turbulent diffusjon av plantenæring fra større dyp. Denne gjødslingen stimulerer sannsynligvis framveksten av planktonalger som føres fram og tilbake gjennom tidevannssundet. Forekomstene av muslinger og andre dyr som filtrerer planteplankton drar fordel av slike habitater og kan derfor danne tette organsimesamfunn med høy diversitet. Både biomasse og diversitet er trolig proporsjonal med størrelsen på TTF.

Vi har benyttet  $TTF = 0,02$  som skille mellom godt oksygenererte og oksygensvake fjorder. En høyere TTF-verdi indikerer at tidevannet forårsaker omrøring, vannutskifting og god oksygenering året rundt. Lavere verdi indikerer at det meste av oksygeneringen er begrenset til vinddrevet omrøring. Det kan gi god oksygenering om vinteren, til 150-200m dyp i dype fjorder og til bunns i grunnere fjorder. Denne forutsetningen gjelder ikke fjorder som mottar jevne tilførsler av ferskvann fra kraftverk. Slike utslipp medfører en lagdeling som begrenser vindomrøringen til et grunt blandingslag. Dette vil spesielt være tilfelle i fjorder med lav TTF-verdi der

tidevannet bidrar lite til vertikalomrøring i bassenget. De vil derfor være særlig utsatt for oksygensvikt i bassengvannet. Det kan imidlertid være slik at sterk estuarin sirkulasjon forårsaket av store vannvolum fra kraftverk, gir en tilsvarende sterk kompensasjonsstrøm som skaper omrøring og derfor bedre oksygenforhold i bassengvannet. Dette kan for eksempel gjelde bassenget i Sørfjorden, Hemnes kommune, der Røssåga munner ut.

Om sommeren vil naturlig ferskvannsfortynning og soloppvarming av overflatelaget i fjorder skape en lagdeling som isolerer bassengvannet. Dette medfører sannsynligvis netto forbruk av oksygen i fjorder med  $TTF < 0,02$ . Effekten kan registreres tidlig om høsten i grunne fjorder (Skreslet & Frogh 1990). Det tar lenger tid å utvikle oksygenminimum i dype fjorder, grunnet tregere omrøring og vannutskifting i store vannvolum. Oksygenminimum kan derfor inntreffe mange måneder senere (Skreslet 2002a).

Oppdraget omfatter bare lokalisering av poller i Nordland, ikke detaljering vedrørende deres oksygentilstand. Poller med lav TTF-verdi kan imidlertid forekomme når terskelområdets bredde er stor. Det er tilfelle med Klungsetvika i Skjerstadjfjorden, der målinger er foretatt (Skreslet 2002a). Poller med sterk innsnevring i åpningen har høy TTF-verdi og god oksygenering. Et godt eksempel er Elvefjorden i Bodø kommune. Det er en poll med terskeldyp på 2m og et 128m dypt basseng. Den er vel oksygenert hele året, men har likevel et fall i oksygeninnholdet i løpet av sommeren (Skreslet 1991).

Elvefjorden er en av de lokalitetene som i følge beregninger av TTF og hensyn til bassengdyp, har haneskjellfelt. Ubekreftede dykkerobservasjoner fra Elvefjorden og noen andre lignende lokaliteter, støtter beregningene. En kan forvente at den største forekomsten av høstbare haneskjellfelt vil forekomme like innenfor terskelen, men erfaringer fra Troms (Wiborg 1962, 1963) tilsier at forekomster av større og muligens eldre skjell kan forekomme i en dybdesone i 20-50m dyp innover i bassenget, kanskje helt inn til dets innerste del. Ærfuglpredasjon er begrensende for mengden av haneskjell i sonen fra overflate til 20m dyp (Brun 1971). En skal imidlertid ikke se bort fra at generell tilbakegang i ærfuglbestanden kan føre til at forekomster av haneskjell likevel vil kunne øke i denne sonen.

Vi regner med at det er liten sannsynlighet for å finne haneskjell i bassenger der strupningen nærmer seg  $TTF=0,02$  og at nedre grense for haneskjellforekomster vil ligge nærmere  $TTF=0,1$ .

Kartlegging av tidevannsflater er ikke med i oppdraget. Vi har likevel tatt med beskrivelsen av en enkel metode som kan utføres av kommunene på grunnlag av vanlige sjøkart. Vi har tatt med to eksempler fra tidevannsflater i fjorder. Metoden kan også anvendes på tidevannsflater i arkipeler der sund mellom holmer og skjær faller tørt. Vi tilrår at øyer og holmer som utgjør mindre enn 50% av totalarealet blir regnet med, fordi selve strandsonen er et viktig habitat for mange marine arter som utnytter den biologiske produksjonen på tidevannsflater. Det gjelder bl.a. forekomster av sjøfugl som hekker og har hvileplasser i strandsonen. Verdien av tidevannsflatenes



strandsone øker proporsjonalt med strandsonens lengde, d.v.s. antall bukter og nes.

2/3 av de 162 fjordene og pollene vi har beregninger fra, har  $TTF < 0,02$  og kan utvikle oksygenfritt bunnvann. Noen kan mangle en fauna av flerårige arter og vil følgelig ha lavt biologisk mangfold. De kan i perioder med lavt oksygeninnhold også mangle forekomster av fisk og reker.

1/3 av terskelbassengene har en strupning som gir markert tidevannstrøm. Slike strømmer er gode fiskeplasser og har en rik bunnfauna. Vi venter at både haneskjellfelt og oskjellfelt som generelt danner artsrike organismsamfunn, vil forekomme i de fleste. Vi antar imidlertid at både artsrikdommen og biomassen av bunndyr er størst i de ca 10% som vi karakteriserer som sterke tidevannstrømmer. Dette er også særlig gode fiskeplasser, slik som Saltstraumen. Bassenget på innsiden av slike strømsterke sund er også godt omrørt og derfor robuste for organisk forurensing fra kloakkanlegg og fiskeoppdrettsanlegg (Skreslet 2002ab).

Våre beregninger og vurderinger bør oppfattes som en første tilnærming vedrørende kartlegging av habitater for marine organismer. Alternativet er direkte kartlegging som vil være svært tidkrevende og kostbar. Ved bruk av våre enkle metoder kan en raskt utelukke områder med lav sannsynlighet for å lokalisere interessante arter eller organismsamfunn. En står da tilbake med et begrenset antall habitater som gir grunnlag for å konsentrere kartleggingen om noen prioriterte oppgaver. Det kan være tilstrekkelig å etterprøve våre resultater med feltobservasjoner i et fåtall lokaliteter for å

klarlegge om metodene bør forbedres, eller om resultatene kan oppfattes som generelt pålitelige og et trygt grunnlag for beslutninger i kommunenes naturforvaltning.

## 6. REFERANSER

- Anon. 1990. LENKA. Landsomfattende egnethetsvurdering av den norske kystsonen og vassdragene for akvakultur. NOU 1990:2. 144 pp.
- Anon. 2001. Kartlegging av marint biologisk mangfold. DN Håndbok 19-2001. 87 pp.
- Brun, E. 1971. Predation of *Chlamys islandica* by eiders. *Astarte* 4, 23-29.
- Glenne, B. & T. Simensen 1963. Tidal current choking in the landlocked fjord of Noraasvatnet. *Sarsia* 11, 1-26.
- Gaarder T. & P. Bjerkan 1934. *Østers og østerskultur i Norge*. John Griegs Boktrykkeri, Bergen. 96 pp.
- Hognestad P. 1994. The lake Rossfjord herring (*Clupea harengus* L) and its environment. *ICES J. Mar. Sci.* 51, 281-292.
- Ibrekk, H.O., H. Kryvi & S. Elvestad 1993. Nationwide assessment of the suitability of the Norwegian coastal zone and rivers for aquaculture (LENKA). *Coastal Management* 12, 53-73.
- McClimans, T.A. 1978. On the energetics of tidal inlets to landlocked fjords. *Marine Science Communications* 4, 121-137.

Skreslet, S. 1982. Fiskefauna i forurenset fjord. NDH-Rapport 1982:5. 22 pp.

Skreslet, S. 1991. Undersøkelse av fjordlokaliteter i Salten fra april 1990 til januar 1991 for innhenting av data til utprøving av numerisk kapasitetsmodell. HSN-rapport 1991:5. 118 pp.

Skreslet, S. 2002a. Miljøundersøkelser i Skjerstadvfjorden 1. Resultater fra måleprogrammet. HBO-rapport 2/2002.

Skreslet, S. 2002b. Miljøundersøkelser i Skjerstadvfjorden 2. Resultater fra simuleringer med regnemodell. HBO-rapport 3/2002. 19 pp.

Skreslet, S. & E. Brun 1969. On the reproduction of *Chlamys islandica* (O.F. Müller) and its relation to depth and temperature. *Astarte* 2, 1-6.

Skreslet, S. & B. Schei 1976. Hydrography of Skjomen, a fjord in north Norway. Pp 101-107 in S. Skreslet, R. Leinebø, J.B.L. Matthews & E. Sakshaug (Eds.) *Fresh Water on the Sea*. Association of Norwegian Oceanographers, Oslo.

Skreslet, S. & H. Loeng 1977. Deep water renewal and associated processes in Skjomen, a fjord in north Norway. *Esuarine and Coastal Marine Science* 5, 383-398.

Skreslet, S. & T. Doksrød 1988. Strupningseffekt i terskelbasseng i Nordland. Nordlandsforskning, Notatserien Nr. 1024/88. 12 pp.

Skreslet, S. & M. Frogh 1990. Hydrografiske effekter av fjordstruping i Nordland. NF-rapport 20.06/90. 11 pp.

Wiborg, K. F. 1946. Undersøkelser over oskjellet (*Modiola modiolus* (L.)) I. Alminnelig biologi, vekst og økonomisk betydning. *Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Havundersøkelser* 8 (5), 38-53.

Wiborg, K. F. 1962. Haneskjellet (*Chlamys islandica* (O.F. Müller)) og dets utbredelse i noen nordnorske fjorder. *Fiskets Gang* 48, 161-164.

Wiborg, K. F. 1963. Some observations on the Iceland scallop *Chlamys islandica* (Müller) in Norwegian waters. *Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Havundersøkelser* 13 (6), 38-53.

Wiborg, K. F. & B. Bøhle 1968. Forekomster av matnyttige skjell (muslinger) langs norskekysten. *Fiskets Gang* 54, 149-161.